UNIVERSITE DE LA MANOUBA

INSTITUT SUPERIEUR DE BIOTECHNOLOGIE DE SIDI THABET





LICENCE APPLIQUEE EN BIOLOGIE ANALYTIQUE EXPERIMENTALE

PARCOURS : BIOANALYSE ET CONTROLE QUALITE

MEMOIRE DE STAGE DE FIN D'ETUDES

Contribution à la clarification des eaux usées par coagulation-floculation de la STEP Chotrana 2 en utilisant des sous-produits de plantes : grignons d'olives et noyaux des dattes

Réalisé par

Marwa DADY

Mémoire de stage de fin d'études soutenu à Sidi Thabet le 06 juillet devant le jury composé de :

Mr : Farid HAJJI Président

Mr : Nabil ABID Examinateur

Mr : Hatem RADDEDI Encadreur Entreprise

Mme : Rim CHAOUACHI Encadreur ISBST

Année universitaire : 2017/2018

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

A mes parents Ali Dadi et Mabrouka Dadi

Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

Et bien-sûr à mes frères

Bachar, Anis et Kais

Sans oublié ma chère sœurs Sonia qui m'a toujours encouragée

A toute ma famille, et mes amis, Mourad, Chiheb et Marwa

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce Projet soit possible, je vous dis merci

Remerciements

Mes remerciements vont à toute l'équipe qui m'a assisté et encadré pour venir au bout de ce stage.

Cette équipe dont je cite :

- Madame Rim Chaouachi docteur en APCE de l'ISBST, pour avoir accepté de diriger ce projet de fin d'étude et de la patience durant la période de l'encadrement.
- Monsieur Raddadi Hatem, responsable du laboratoire de la STEP Chotrana 2, de m'avoir aidé à conduire ce travail à mener, en mettant à ma disposition tous les moyens techniques et théoriques, et en instaurant une ambiance de travail très amical et très stimulant. Merci pour tous ses conseils et encouragements et sa confiance

Et enfin je remercie toute ma famille pour leur soutien moral et leur aide, ainsi que tous ce qui m'ont soutenu et aidé tout au long de cette étude et toutes les personnes qui ont contribué directement ou indirectement à ce travail.

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

CF : coliformes fécaux

CT : coliformes totaux

DBO5 : La demande biologique en oxygène

DCO : La demande chimique en oxygène

E. coli : Escherichia coli

EU : Eau usée

EUT: Eaux usées traitées

FT: facteur titre

g: Gramme

m^3 : Mètre cube

MES : Matières en suspension

mg : Milligramme

ml : Millilitre

mS : Milli siemens

NPP : Le nombre le plus probable

NT : Norme Tunisienne

NTU : Nephelometric Turbidity Unit

ONAS : Office National de l'Assainissement

pH : Le potentiel hydrogène

R% : Le rendement

STEP : Station d'Epuration

T° : La température

V : Volume

Présentation de la station d'épuration Chotrana 2

➢ Présentation et mission de l'office

L'Office National de l'Assainissement (ONAS) est un établissement public à caractère industriel et commercial qui jouit d'une autonomie financière. L'Office est placé directement sous la tutelle du Ministère de l'Agriculture, de l'Environnement et des Ressources Hydrauliques. Elle a été créé en aout 1974 par décret n° 37/74, et il a été chargé de gérer le secteur de l'assainissement en Tunisie, cette loi a été modifiée par la loi n° 93/41 au 19 avril 1993.

L'office est chargé des diverses missions qui sont comme suit :

- La lutte contre toutes les formes de la pollution hydrique ;
- la gestion, l'exploitation, l'entretien et le renouvellement de tous les ouvrages d'assainissement ;
- la promotion, la réutilisation des sous-produits des stations d'épuration ;
- la planification et l'exécution des projets intégrés.

➢ Description de la station d'épuration Chotrana 2

La STEP Chotrana 2 est située à environ 7km de la mer de Raoued, elle évacue les eaux usées en provenance des zones Chotrana 1, Chotrana 2, La Charguia et Côtière nord. Le mode d'épuration est biologique.

Les caractéristiques de la STEP Chotrana 2 sont résumées dans le tableau 1 suivant :

Tableau 1 : Caractéristiques de la STEP Chotrana 2

Paramètres	Valeurs
Débit de pointe (m^3 /j)	111 000
DCO (kg/j)	80 000
DBO5 (kg DBO5/j)	40 000
MES (kg/j)	40 000
Azote totale	10 000
Equivalent habitant	1 000 000

Introduction

Les eaux usées issues des industries et des collectivités ne devraient pas être directement rejetées dans le milieu naturel, car sans traitement elles peuvent engendrer de graves problèmes environnementaux et de santé publique. Par conséquent, elles devraient être dirigées vers les stations d'épuration qui ont pour rôle de concentrer la pollution contenue dans les eaux usées sous forme d'un résidu, et de rejeter une eau épurée répondant aux normes admises, et cela grâce à des procédés physico-chimiques et biologiques.

Les eaux épurées par la STEP de Chotrana sont destinées à l'irrigation, seulement elles sont trop chargées et pas claire car elles contiennent des matières en suspension. Ce sont des particules colloïdales qui peuvent rester en suspension dans l'eau durant de très longues périodes, peuvent même traverser un filtre très fin. Par ailleurs, du fait de leur grande stabilité, elles n'ont pas tendance à s'accrocher les unes aux autres. Pour éliminer ces particules, le procédé de coagulation-floculation reste parmi les techniques le plus largement utilisé. La coagulation a pour but principal de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de faciliter leur agglomération et la floculation a pour but de favoriser les contacts entre les particules déstabilisées. En pratique, ce procédé est caractérisé par l'injection et la dispersion de produits chimiques comme les coagulants (sels de l'aluminium et de fer) ou les floculants (polyélectrolytes) peuvent engendrer un résiduel chimique dans les eaux traitées induisant ainsi des problèmes environnementaux et sanitaires.

L'objectif de ce travail est d'étudier l'efficacité de la coagulation-floculation en substituant les noyaux des dattes et les grignons d'olives comme des biopolymères naturels et biodégradables.

Ce travail est organisé en trois chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à :
  - ✓ Généralités sur les eaux usées de Chotrana ;
  - ✓ les normes tunisiennes de la réutilisation des eaux usées et les étapes de traitement ;
  - ✓ procédé de coagulation-floculation.
- Le deuxième chapitre présente le matériel et les méthodes utilisés.
- Le troisième chapitre présente les résultats de traitement obtenus et leur interprétation.

Synthèse Bibliographique

1 Généralités sur les eaux usées

1.1 Définition des eaux usées

Ce sont des eaux chargées par des substances toxiques provenant des activités domestiques, industrielles, et agricoles qui sont rejetées dans le réseau d'assainissement public [1].

1.2 Origine des eaux usées

L'origine des eaux usées est essentiellement domestique en grande partie, industrielle, agricole et pluviale.

1.2.1 Eaux usées domestiques

Ce sont des eaux usées en provenance des différents usages domestiques, elles sont produites essentiellement par :

- Eau de toilettes chargées de matières organiques azotées, phosphatées et de germes fécaux.
- Le métabolisme humain.
- Eau de ménage chargée de détergents [1].

1.2.2 Eaux industrielles

La caractéristique des eaux usées industrielles varie d'une industrie à une autre, elles sont chargées en matières organiques, phosphorées ou azotées, et elles peuvent contenir également les métaux lourds, les hydrocarbures, et les solvants toxiques [1].

1.2.3 Eaux agricoles

Ces eaux contiennent des engrais, des pesticides et des insecticides provenant des terrains agricoles cultivées. Ces derniers conduisent par ruissellement à un enrichissement en matières phosphatées et/ou azotées des nappes et des cours d'eau [1].

1.2.4 Eaux pluviales

Ces eaux ruissellent dans les rues où sont accumulées par des polluants atmosphériques, poussières, détritus, suies de combustion, hydrocarbure …

Les eaux de pluie évacuée par les avaloires sont polluées, elles sont collectées avec les eaux usées puis elles passent directement vers la station d'épuration [1].

2 Normes tunisiennes régissant le rejet et la réutilisation des eaux usées

2.1 Normes NT 106.02

Cette norme a pour but de définir la qualité de l'eau traitée en fonction du milieu récepteur qu'il soit maritime, public hydraulique ou canalisations publiques sans tenir compte son origine (décret n° 85-56 du 2 janvier 1985).

Elle définit encore le seuil de rejet suivant les paramètres physico-chimiques, bactériologiques, métaux lourds et quelques micropolluants organiques comme les hydrocarbures, les pesticides… [2]

2.2 Normes NT 106.003

Cette norme fixe les conditions de la réutilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles (décret 89-1047 du 28 juillet 1989), mais avec l'obligation d'avoir une autorisation auprès du ministère de l'agriculture après accord avec le ministère de l'environnement. Ces normes limitent l'utilisation des eaux usées traitées à certaines cultures [2].

3 Traitement des eaux usées

Une station d'épuration rassemble une succession de procédés qui permettent, petit à petit, de purifier l'eau. Ce procédé est illustré dans la figure 1.

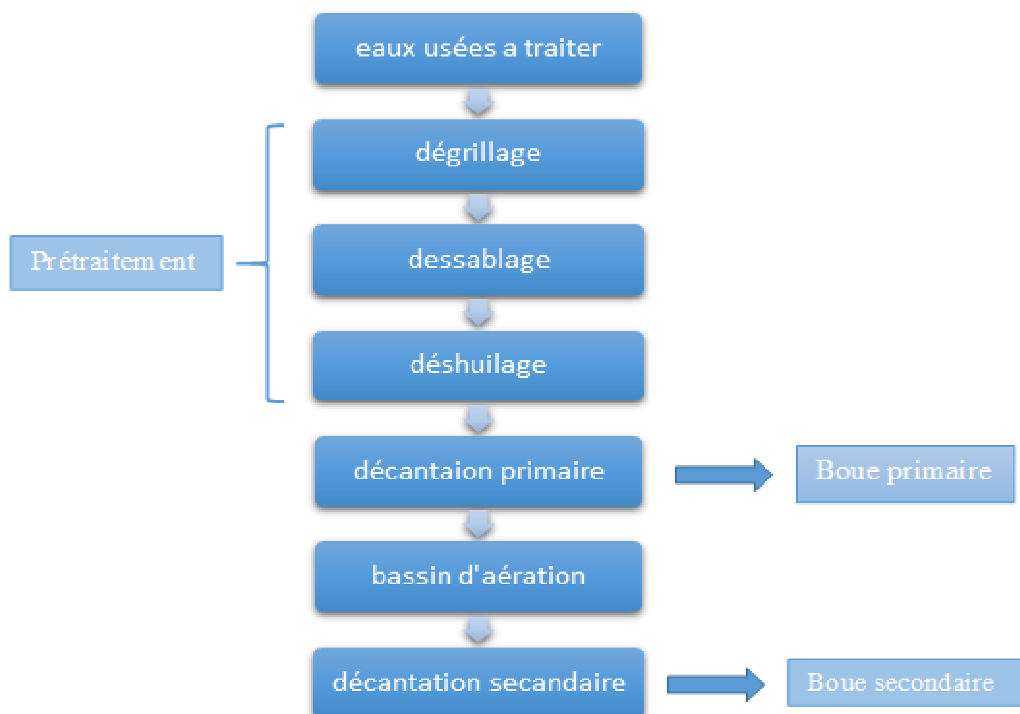


Figure 1 : Schéma du procédé de traitement des eaux

3.1 Prétraitement

Cette étape permet de séparer de la phase liquide les matières les plus grossières (les sables, les huiles et les graisses) pour faciliter le procédé de traitement par la suite.
On distingue 3 étapes de prétraitements ; le dégrillage, le dessablage, déshuilage-dégraissage [3].

3.1.1 Dégrillage

C'est l'opération de débarrasser de tous corps étrangers solides et volumineux par une grille métallique et qui peuvent avoir effet sur le fonctionnement des pompes [1].

3.1.2 Dessablage

Cette opération a pour but d'éliminer les particules lourdes sédiments par un décanteur classique. Ces sédiments peuvent avoir une obstruction des canalisations ou une abrasion des équipements [1].

3.1.3 Déshuilage-dégraissage

Les huiles et les graisses ayant un effet obstructif sur la vie des bactéries, elles remontent à la surface des eaux usées et elles sont éliminées par la suite via un racleur par flottation [3].

3.2 Traitement primaire

Après l'étape du prétraitement, l'eau passe par une autre étape qui permet de décanter et d'éliminer les matières organiques et en suspension via un décanteur primaire : c'est l'étape du traitement primaire [3]. La figure 2 montre le principe du décanteur primaire.

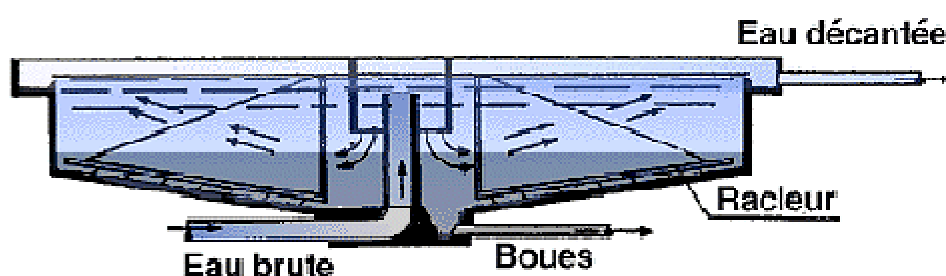


Figure 2 : Principe de fonctionnement d'un décanteur primaire [4]

3.3 Traitement secondaire

3.3.1 Traitement physico-chimique

Après un traitement primaire l'eau subit un traitement physico-chimique passant par l'étape de coagulation floculation puis l'étape de décantation pour traiter les particules colloïdales en suspension et des matières organiques en solution [1].

3.3.2 Traitement biologique

Ce traitement permet d'éliminer les composés dissous présentent dans l'eau grâce à l'action des microorganismes [1].

3.4 Traitement tertiaire

C'est un traitement complémentaire dont l'objectif d'éliminer les composés azotées et phosphorés ou les germes restants après le traitement secondaire, mais généralement ce traitement n'est pas toujours réalisé dans les stations d'épurations.

Le traitement tertiaire peut être une filtration, une désinfection chimique ou de traitement par l'UV [1].

4 Procédé de coagulation-floculation

La coagulation-floculation est un traitement qui vise à optimiser et améliorer l'opération de décantation ou filtration des eaux par ajout d'agents coagulants-floculant. En effet, les eaux usées contiennent des particules en suspension de très petites tailles et chargées négativement ; ce sont les colloïdes. Ces propriétés entrainent des phénomènes de répulsion statique entre ces particules empêchant leur agglomération, et leur sédimentation par la suite. Ainsi, afin de rendre ces particules facilement décantables, les station d'épuration font appel à des traitements de coagulation floculation qui se déroulent en deux étapes à savoir la coagulation qui correspond à la déstabilisation des particules et la neutralisation de leurs charges par l'ajout d'un agent coagulant, par la suite, grâce à l'action d'un agent floculant, la floculation se produit par agglomération des particules déstabilisées et la formation d'agrégats volumineux appelés « flocs » capables de sédimenter [5].

4.1 Les suspensions colloïdales

Ce sont des particules de très petite taille varient entre 1 nm et 1 µm qui ne peuvent pas de sédimenter et ils sont chargés négativement empêchant leur attraction.
En cas de leurs digestions, ils peuvent entrainer un danger sur la santé humaine [5].

4.2 Théorie de la double couche

Cette théorie est décrite par Stern-Gouy-Chapman qui désigne la combinaison des ions en deux couches distinctes au voisinage de la particule colloïdale ; la première couche est formée des ions fixés à la surface de la particule et appelée couche fixe ou couche de Stern, la deuxième couche appelée couche diffuse formée des ions repartis au tour du colloïde [6]. La figure 3 présente l'état de surface des colloïdes selon la théorie de la double couche.

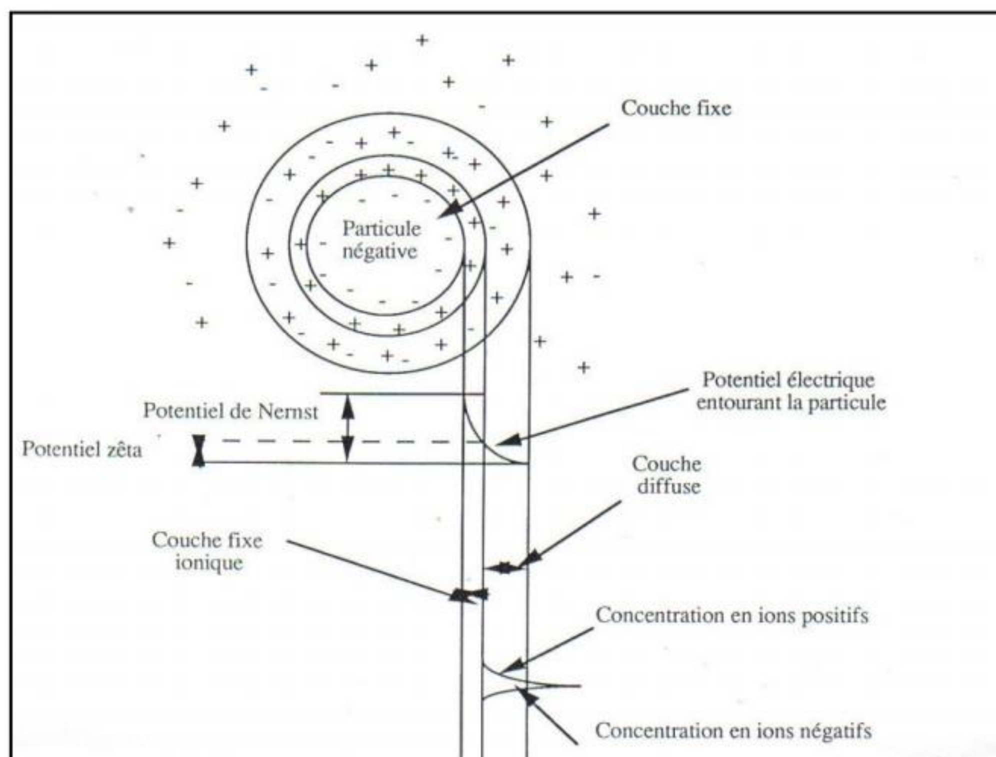


Figure 3 : Etat de surface des colloïdes selon la théorie de la double couche [5]

La distribution des charges aux alentours de la particule colloïdale entraine la variation du potentiel électrique en fonction de la distance de la surface. En effet, le potentiel électrique diminue lorsque l'on s'éloigne de la surface de la particule.

La particule colloïdale accueille à sa surface les ions H^+ et OH^- présents dans les eaux, et qui déterminent le potentiel électrique expérimentalement, ce potentiel qui est le potentiel de surface ou encore appelé potentiel zêta [6].

4.3 Stabilité des particules colloïdales

Pour les particules en suspension, on distingue deux types d'interactions ; les interactions électrostatiques et les interactions de Van Der Waal. Celles-ci ont été prises en compte par la théorie DLVO bien qu'il existe d'autres types d'interactions.

Selon la théorie DLVO, la stabilité du colloïde est assurée par les forces répulsives responsables de la dispersion des particules et les forces attractives de Van Der Waal responsables de l'agrégation. Quand les répulsions électrostatiques dominent, les particules restent à l'état dispersé. En effet, leur stabilisation est observée en présence d'une faible force ionique dans la solution, ou une faible concentration en électrolyte, et lorsque la charge de la surface des particules est nulle. Le phénomène inverse engendre leurs coagulations [6]. La figure 4 représente les interactions selon DLVO.

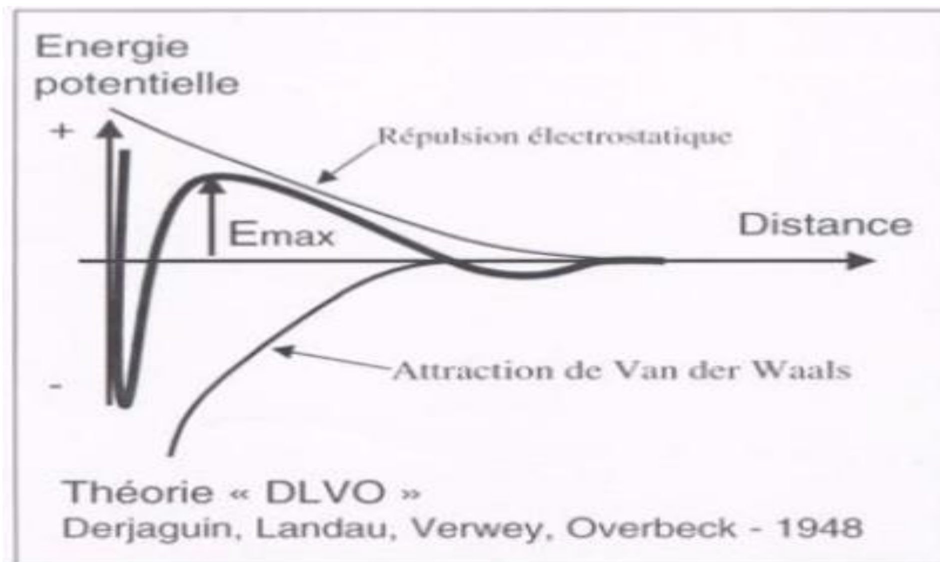


Figure 4 : Représentation schématiques des interactions selon DLVO [7]

4.4 Mécanismes de la coagulation

La coagulation est un processus permet de déstabiliser les particules colloïdales qui reste en suspension par des coagulants soient minéraux ou organiques qui neutralisent leurs charges négatives électrostatiques de répulsion pour permettre leur rencontre. Elle est générée par quatre types de mécanismes :

- Adsorption et neutralisation des charges.
- Compression de la double couche.
- Emprisonnement des particules dans un précipité.
- Adsorption et formation d'un pont entre les colloïdes [5].

4.5 Exemples de coagulants utilisés

Les coagulants utilisés peuvent être de deux types ; soient des coagulants minéraux comme le chlorure ferrique et le sulfate d'aluminium soient des coagulants organiques.

4.5.1 Coagulants minéraux

4.5.1.1 Le chlorure ferrique

Le chlorure ferrique ($FeCl_3$) se présente sous forme liquide. En effet la libération des ions Fe^{3+} sert à neutraliser les forces de répulsions des particules colloïdales pour donner des agrégats [7].

4.5.1.2 Le sulfate d'aluminium

Sulfate d'aluminium $Al_2(SO_4)_3$ est utilisé le plus souvent comme coagulant chimique, lorsqu'il introduit dans une solution il subit une hydrolyse qui se traduit par la formation d'un

précipité d'hydroxyde d'aluminium avec libération d'acide, ce qui entraine la neutralisation des forces de répulsions des colloïdes et donc leurs neutralisations [7].

4.5.2 Coagulants organiques

Les coagulants organiques sont des polyélectrolytes hydrosolubles de haut poids moléculaire obtenus par polymérisation des monomères. Parmi ces coagulants on distingue :

- les DADMAC (chlorure de diallylmethylammonium) : ils sont caractérisés par une forte charge cationique et poids moléculaire bas.
- les polyacrylamides : ils sont caractérisés par un très haut poids moléculaire et une charge ionique très variable [7].

4.6 Mécanismes de la floculation

La floculation constitue l'ensemble des phénomènes physico-chimiques menant à l'agrégation des particules colloïdales par la formation, grossissement et uniformisation des flocs. C'est un phénomène réversible provoqué par agitation rapide pour casser les agrégats formés.

Apres avoir été déstabilisés et lorsque les particules colloïdales sont en contact les uns aux autres, ils ont tendance à s'agglomérer et à sédimenter, la floculation a pour but ainsi d'augmenter la probabilité de rencontre entre les particules, dans certains cas, il arrive qu'un adjuvant de floculation soit ajouté [5], La figure 5 ci-dessous décrit le phénomène de la floculation avec les polymères.

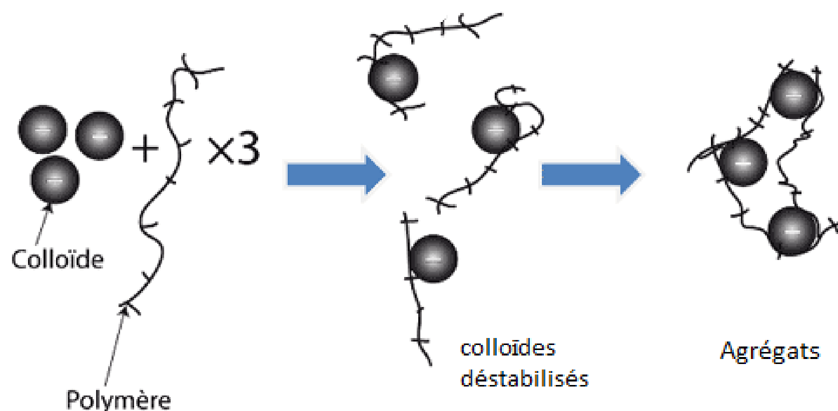


Figure 5 : Mécanisme de floculation à l'aide d'un polymère [5]

4.7 Exemple de floculant

4.7.1 Polymères minéraux

Les principaux agents de floculation minéraux utilisés sont à base de silice activée [7].

4.7.2 Polymères organiques

4.7.2.1 Polymères organiques synthétiques

Ce sont des macromolécules composées de la répétition d'au moins un type de monomère qui peuvent être solubles et puis conférer leurs charges au polymère, comme le polyacrylamide [7].

4.7.2.2 Polymères organiques naturels

Ce sont des polymères hydrosolubles d'origine animale ou végétale caractérisés par leur intérêt naturel, non toxique, et biodégradable [7].

Parmi ces polymères organiques naturels qui peuvent être adoptés pour le traitement nous pouvons citer ceux qui sont contenus dans les noyaux des dattes et les grignons d'olives.

4.7.2.2.1 Noyaux des dattes

Le noyau de datte (ou graine) est de forme allongée et de grosseur variable. Son poids moyen est environ d'un gramme, il représente 7 à 30 % du poids de la datte. Il est composé d'un albumen dur et carné protégé par une enveloppe cellulosique de couleur brune dite une enveloppe cellulosique. Le tableau 2 montre la composition chimique du noyau de datte [8].

Tableau 2 : Composition chimique du noyau de datte [8]

Composition	Valeurs en %
eau	6,46
glucides	62,51
Lipides	8,49
protides	5,22
Cellulose	16,20

4.7.2.2.2 Grignon d'olive

Les grignons d'olives sont parmi les sous-produits des olives obtenu par le procédé d'extraction d'huile d'olive soit par le procédé discontinu (super presse) soit par le procédé continu (centrifugation). Ils sont pauvres en matière azotée et riches en cellulose brute. Le tableau 3 montre la composition chimique des grignons d'olives brut [9].

Tableau3 : Composition chimique des grignons d'olives [9]

Matières sèches des grignons bruts	% de matière sèche
Matières minérales	3-5
Matières azotées totales	5-10
Cellulose brute	35-50
Matières grasses	8-15

4.8 Facteurs intervenant dans la coagulation-floculation

4.8.1 Effet du pH

Le pH est un paramètres important qui affecte le processus de coagulation-floculation donc son contrôle est conseillé. Il existe un pH optimal qui favorise la meilleure coagulation. Ce pH se situe souvent dans la plage où la solubilité du coagulant utilisé est minimale permettant une meilleure précipitation [10].

4.8.2 Effet de la température

La température est un paramètre qui ralentit la cinétique des réactions chimiques. Cette relation est traduite par l'équation d'Arrhenius qui décrit l'effet de la température sur les constantes cinétiques :

$k = Ae^{-Ea\ RT}$

A = constante de réaction propre au produits concernés

Ea = énergie d'activation

R = constante des gaz

T = température

Certaines études sur la coagulation-floculation en eau froide montrent des problèmes qui sont :

- La solubilité des coagulants est plus faible.
- L'augmentation de la viscosité de l'eau freine la décantation des flocs [10].

4.8.3 Effet de la dose du coagulant-floculant

La détermination de la dose du coagulant est un paramètre important pour assurer la coagulation des particules, elle est proportionnelle à la concentration des colloïdes.

Les cations libérés par le coagulant adsorbés neutralisent la charge négative des colloïdes, jusqu'à annuler le potentiel de surface de cette particule ce qui entraine la déstabilisation de la suspension [10].

4.8.4 Taille et concentration des colloïdes

La taille et la concentration des colloïdes sont deux paramètres importants permettent de déterminer la déstabilisation des colloïdes.

Pour les tailles des colloïdes sont inférieures au micron, les forces de surface deviennent supérieurs vis-à-vis des forces de masse et donc la déstabilisation des particules colloïdales.
Ainsi, la concentration des colloïdes ou bien le nombre de charges électriques à mettre en jeu pour rompre le potentiel zêta et puis elle influe sur le processus de coagulation [10].

4.8.5 État d'hydratation

L'hydratation est un phénomène qui influe sur le taux d'agrégation des particules.
Dans une solution aqueuse, les colloïdes s'hydratent et s'enveloppent de liquide inter micellaire sur sa surface et qui lui donne un effet isolant, la tension superficielle est réduite entre l'eau et la colloïde ce qui favorise la stabilisation de ces derniers [10].

4.8.6 Potentiel zêta

Ce potentiel électrostatique existe entre la surface de la particule et la charge de la solution, il a une valeur maximale à la surface de la particule et décroit en s'éloignant de la particule cette décroissance est affectée par le nombre et le type des ions dans la solution peut s'effectuer sur une faible distance en présence d'une force ionique élevée. La déstabilisation des particules colloïdales dépend de la diminution de ce potentiel [10].

4.8.7 Vitesse et temps d'agitation

Le temps et la vitesse d'agitation permettent de l'homogénéisation du coagulant dans la solution. Leurs valeurs dépendent de l'agrégation des particules colloïdales [10].

Objectifs du travail

L'objectif assigné à cette étude est de :

- Remplacer les produits chimiques par des sous-produits des plantes ; les grignons d'olives et les noyaux des dattes.
- Tester le pouvoir coagulant-floculant des sous-produits des plantes ; des grignons d'olives et des noyaux des dattes.
- Optimiser la dose, le pH, la vitesse d'agitation et la température et comparer entre les grignons d'olives et les noyaux des dattes.
- Etudier la faisabilité technico-économique du procédé réalisé avec le meilleur coagulant-floculant.

Matériels et Méthodes

5 Echantillonnage

Notre étude a été portée sur l'échantillon moyen prélevé le 26/03/2018 à partir d'un préleveur automatique au niveau de décanteur secondaire de la station d'épuration Chotrana 2. C'est l'ouvrage fondamental qui assure la séparation gravitaire de la boue et de l'eau épurée rejetée dans le milieu récepteur. L'échantillon est conservé à une température 4°C.

Avant tout traitement, nous avons caractérisé l'échantillon en terme de pH, turbidité initiale, salinité, conductivité, température, % NaCl, demande chimique en oxygène (DCO), et matière en suspension (MES). La figure 6 montre la zone d'échantillonnage.



Figure 6 : Décanteur secondaire (zone d'échantillonnage)

6 Préparation des sous-produits de plantes

6.1 Préparation des noyaux des dattes

Les noyaux des dattes sont passés par les étapes suivantes :

- Séparation des noyaux de dattes de la pulpe.
- Lavage des noyaux ;
- séchage pendant une semaine ;
- broyage et tamisage des noyaux.

La figure 7 montre la préparation des noyaux des dattes en poudre.



Figure 7 : Préparation des noyaux des dattes

6.2 Préparation des grignons d'olives

Les grignons d'olives ont été préparés suivants ces étapes :

- Séchage naturelle au soleil pendant une semaine ;
- broyage par un mixeur afin d'avoir des produits homogènes ;
- tamisage des grignons d'olives.

La figure 8 montre la préparation des grignons d'olives en poudre.



Figure 8 : Préparation des grignons d'olives

7 Analyses physico-chimiques

7.1 Méthode jar-test

Le jar-test est un appareil de simulation de la coagulation-floculation à l'échelle laboratoire. Il est composé de quatre béchers de 500 mL, dont on peut fixer la vitesse et le temps d'agitation simultanément. La figure 9 illustre l'appareil jar-test de type VELP du laboratoire physico-chimique de la station d'épuration.



Figure 9 : Jar-test du laboratoire physico-chimique de la STEP

Tout d'abord les échantillons sont soumis à une agitation rapide (100tr/min) pendant une minute afin de favoriser la coagulation, ensuite vient la phase de floculation qui nécessite une vitesse légèrement lente (40tr/min) pendant 4 min afin de favoriser la rencontre et l'agrégation des colloïdes sans détruire les flocs déjà formés. Une fois la phase de floculation effectuée, on verse les échantillons dans une fiole pour le filtrer et on mesure la turbidité.

7.2 Détermination du pH

7.2.1 Définition

Le pH donne une indication de l'acidité ou bien la basicité d'une solution. Il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogène hydronium (H^+) ou d'ions hydroxyde (OH^-) contenus dans la solution.

7.2.2 Principe

Un pH mètre mesure la différence de potentiel (ddp) entre deux électrodes plongeant dans la solution. La différence de potentiel mesurée est amplifiée et affichée directement en unités de pH.
Le pH a été déterminé à l'aide d'un pH mètre.
Les eaux en sortie du STEP doivent avoir un pH aux alentours de 7,5.
La figure 10 montre le pH-mètre.



Figure 10 : pH-mètre utilisé

7.3 Détermination de la turbidité

7.3.1 Définition :

Dépend de la présence des particules en suspension minérale ou organique, vivantes ou détritiques, la turbidité est exprimée en NTU.

7.3.2 Mode opératoire :

-Remplir une cuvette de mesure propre avec notre l'échantillon ;

-effectuer rapidement la mesure après avoir nettoyé la paroi et le fond de la cuve ;

-lire le résultat affiché dans le turbidimètre.

La figure 11 montre le turbidimètre.



Figure 11 : turbidimètre utilisé

7.4 Détermination de la matière en suspension (MES)

7.4.1 Définition

Elle comprend la matière décantable et la matière colloïdale contenue dans l'eau.

7.4.2 Principe

Retenir les MES contenu dans l'échantillon par filtration suivie par séchage dans l'étuve à 105°C pendant 2 heures.

7.4.3 Mode opératoire

-Rincer le papier filtre avec l'eau distillée, le sécher pendant une heure à 105°C dans l'étuve puis le mettre dans le dessiccateur ;

-peser le papier et noter sa masse à vide M0 et le mettre sur la rampe de filtration ;

-prélever un volume de l'échantillon V et le transvider sur le filtre ;

-récupérer le papier après la filtration, puis le placer dans une étuve à 105°C pendant 2 heures ;

-laisser refroidir au dessiccateur ;

-peser de nouveau le papier, puis noter sa masse M_1.

$$MES = (M_1 - M_0)*1000/V$$

Avec :

-MES : Matière en suspension exprimée en (mg/L).

-M_0 : Masse de papier à vide (mg)

-M_1 : Masse de papier après avoir être séchées dans l'étuve (mg)

-V : Volume de l'échantillon (mL)

7.5 Détermination de la demande chimique en oxygène (DCO)

7.5.1 Définition

La DCO permet de déterminer la concentration en matières minérales ou organiques dissoutes ou bien en suspension dans l'eau, par la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique.

7.5.2 Principe

Ce paramètre permet de caractériser la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière polluante contenue dans l'eau.

-<u>Matériel</u>

-Solution catalytique.

-Solution de digestion : bichromate de potassium

-Indicateur coloré : Ferroine.

-Sel de Mohr.

-Thermoréacteur.

-Eau distillée.

-Erlenmeyer.

-Eprouvettes.

7.5.3 Mode opératoire

Préparation du l'échantillon

-Dans un tube à essai, versé : 1,5 mL de solution de digestion+ 2,5 mL de notre échantillon, et 3,5 mL de la solution catalytique ;

-mettre le tube dans le thermo-réacteur pendant 2 heures à une température de 150° ;

-laisser refroidir ;

-verser le contenu du tube dans une éprouvette ;

-compléter avec l'eau distillée jusqu'à un volume de 25ml ;

-verser cette solution dans un erlenmeyer ;

-ajouter quelques gouttes de férroïne ;

-titrer avec le sel de mohr jusqu'à obtention d'une coloration rouille ;

-noter Volume titré V1.

Pour préparer le blanc refaire les mêmes étapes réalisées mais avec 2,5mL d'eau distillée, et noter le volume titré V3 après titration.

Pour déterminer la DCO, il faut préparer une solution facteur pour déterminer le facteur titre.

Préparation de solution facteur

-Verser dans un erlenmeyer : 1,5 mL de solution de digestion+ 15 mL d'eau distillé +3,5 mL de la solution catalytique et ajouter quelque goutte de ferroine 2 à 3 gouttes ;

-titrer avec le sel du mohr jusqu'à l'apparition de coloration rouille ;

-noter volume titré V3.

Le Facteur titre (Ft)= Volume titré V3/Volume de l'eau distillée

L'expression des résultats se fait selon la formule suivante :

DCO = (Volume titré blanc – Volume titré échantillon) * Ft* 0,2* 1000/ Volume de échantillon (2,5mL)

7.6 Détermination de la DBO_5

7.6.1 Définition

On appelle demande biologique en oxygène, la masse d'oxygène moléculaire dissous nécessaire aux microorganismes pour la dégradation par oxydation des matières organiques contenues dans l'eau.

7.6.2 Mode opératoire

- Rincer le flacon avec l'eau distillée ;

- selon la valeur DCO on peut prélever le volume souhaitée d'échantillon ;
- mettre le barreau magnétique dans le flacon ;
- insérer le godet caoutchouc dans le goulot du flacon ;
- mettre 2 pastilles de soude dans le godet caoutchouc (à condition que les pastilles ne doivent jamais toucher l'échantillon) ;
- visser l'OXITOP (système de mesure) directement sur le flacon ;
- appuyer sur Met S en même temps jusqu'à l'afficheur indique 00 ;
- maintenir le flacon de mesure à 20°C pendant 5 jours ;
- faire sortir le flacon ;
- appuyer sur la touche M ;
- noter la valeur affichée ;
- multiplier la valeur notée par le facteur titre.

7.7 Mesure des phosphates

- Enlever délicatement la feuille de protection du DosiCap Zip détachable.
- dévisser le DisoCap Zip ;
- pipetter 2ml d'échantillon ;
- visser le DisoCap Zip fermement dirigeant le cannelage vers le haut ;
- secouer énergiquement ;
- chauffer dans le thermostat. HT 200S : 15 min avec le programme standard HT
  Thermostat : 60min à 100° C ;
- laisse refroidir à température ambiante ;
- secouer énergiquement ;
- pipetter dans la cuve une fois refroidie 0,2ml de reactif B(LCK 349 B) ;
- fermer immédiatement le réactif B après emploi ;
- visser un DisoCap C (LCK 394 C) gris sur la cuve ;
- mélanger le contenu de la cuve en la tournant plusieurs fois de suite ;
- attendre 10 min, mélanger de nouveau ;
- bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer avec le spectrophotomètre.

7.8 Mesure de l'azote kjeldahl

- Doser à la suite, consécutivement dans une éprouvette de réaction sèche : 1,3mL d'échantillon, 1,3mL de solution (LCK 138 A), 1 tablette B (LCK 138/238/338B) fermer immédiatement. Ne pas mélanger ;

- chauffer directement .a. HT 200 S : 15min avec le programme standard Htb. Thermostat : 60min à 100°C ;
- refroidir et ajouter 1 Micro Cap C (LCK 138/238/338) ;
- fermer l'éprouvette de réaction et mélanger jusqu'à ce que le lyophilisat se soit complètement dissous du Micro Cap C et qu'il n'y ait aucune particule restante ;
- pipeter lentement dans le test en cuve : 0,5 ml d'échantillon désagrégé ;
- pipeter lentement 0,2mL de solution D (LCK 138/238/338 D). Fermer immédiatement ;
- la cuve et mélanger le contenu en la retournant plusieurs fois de suite jusqu'à qu'un dépôt ou agrégat ne soit observable ;
- attendre 15 min, bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.

8 Analyses bactériologiques

8.1 Préparation de l'eau peptonnée (milieu de dilution)

- Faire dissoudre 1g de peptone bactériologique dans un litre d'eau distillée ;
- repartir la solution préparée dans des tubes en injectant dans ces derniers la solution préparée ;
- stériliser les tubes par autoclavage à 120°C pendant 2h.

8.2 Culture des coliformes totaux

8.2.1 Préparation du milieu de culture

- faire dissoudre 13g du milieu bouillant lactosé dans 1 litre d'eau distillée ;
- prendre les tubes d'incubation et mettre dans chaque tube une cloche de Durham ;
- repartir la solution préparée dans ces tubes en injectant 9mL dans chaqu'un de ces derniers ;
- stériliser les tubes par autoclavage à 120°C.

8.2.2 Procédure de l'analyse

- Stériliser le paillasse avec l'eau de javel ;
- préparer les portoirs en mettant 48 tubes préparés ;
- ouvrir le bec benzène et travailler auprès de la flamme (éviter la contamination de l'échantillon) ;
- prendre 8 tubes contenant 9 mL de l'eau peptonnée et préparée précédemment et procéder à la dilution en cascade de l'échantillon ;
- injecter 1 mL de l'échantillon dans 3 premiers tubes de culture ;
- injecter successivement 1 mL de chaque tube de dilution dans 3 tubes milieu de culture en notant la dilution respective de ces derniers ;
- incuber les tubes ensemencés à 37°C pendant 48h ;
- faire sortir les tubes de l'étuve ;

- sélectionner les tubes a réactions positives exprimée par la couleur trouble du milieu et le dégagement de gaz observée dans la cloche de Durham.

8.2.3 Lecture des résultats

- Noter dans un tableau le nombre de tubes positifs de chaque dilution ;
- extraire la concentration en coliforme totaux par lecture au biais la table J.C de Man (tirée de la table Mac Graday).

La figure 12 montre un schéma explicatif des étapes de culture des coliformes totaux.

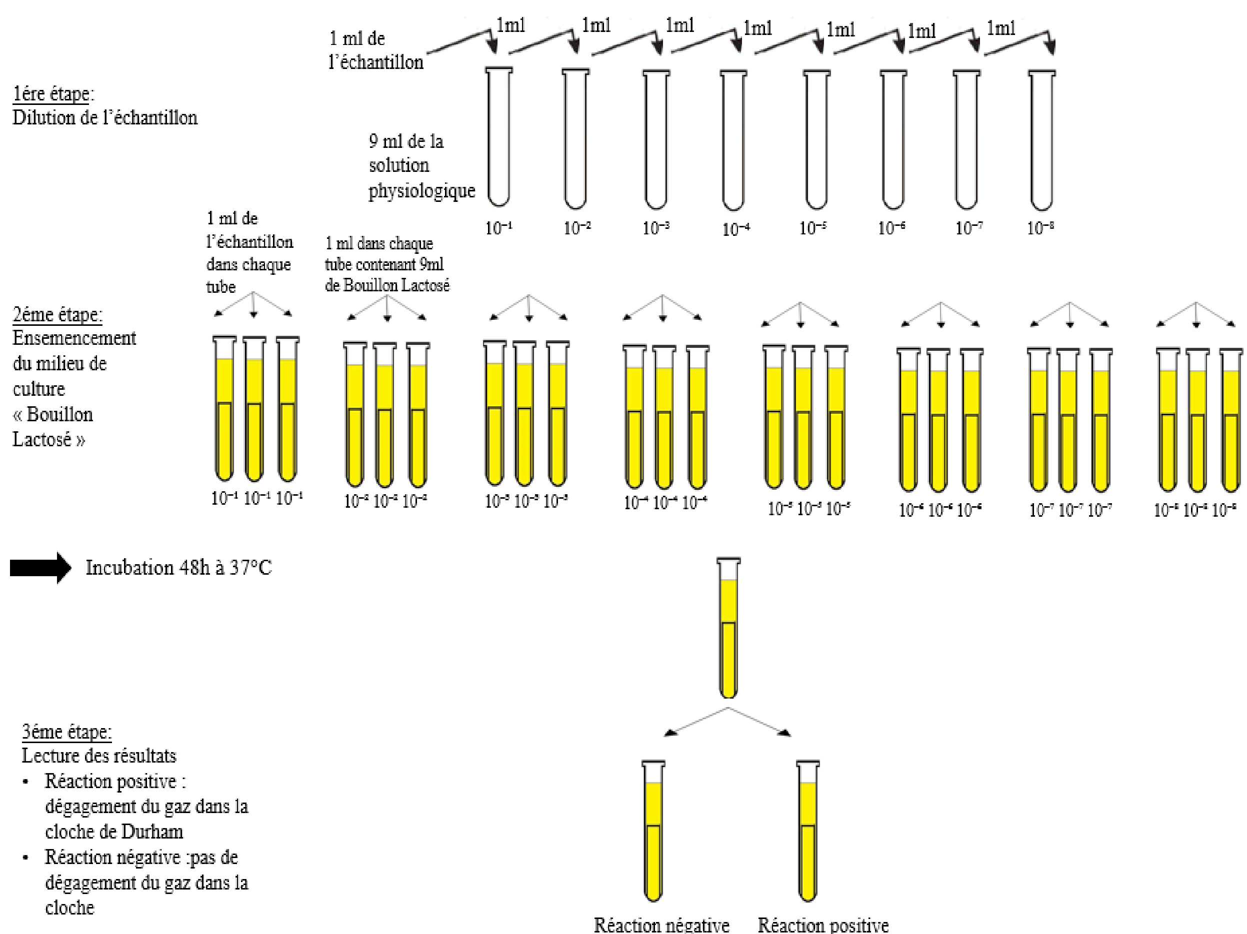


Figure 12 : Schéma explicatif des étapes de culture des coliformes totaux

8.3 Les coliformes thermo-tolérants

8.3.1 Préparation du milieu de culture

- Faire dissoudre 40g du milieu bouillant lactosé dans 1 L d'eau distillée ;
- prendre les tubes d'incubation et mettre dans chaque tube une cloche de Durham ;
- repartir la solution préparée dans ces tubes en injectant 9mL dans chaqu'un de ces derniers ;
- stériliser les tubes par autoclavage à 120°C.

8.3.2 Procédure de l'analyse

- Ouvrir le bec benzène et travailler auprès de la flamme (éviter la contamination de l'échantillon) ;
- prendre les tubes positifs de la réaction précédente (des coliformes totaux) ;
- à l'aide d'une anse de prélèvement, ensemencer chaque tube du milieu bouillant lactosé vert brillant par son tube du milieu lactosé a réaction positif respectif ;
- noter la dilution de de chaque tube ;
- incuber à 44°C pendant 48h ;
- sélectionner les tubes à réactions positives exprimée par la coloration trouble du milieu et le dégagement de gaz dans la cloche.

8.3.3 Lecture des résultats

- Noter dans un tableau le nombre de tubes positifs de chaque dilution :
- extraire la concentration en coliforme totaux par lecture au biais la table J.C de Man (tirée de la table Mac Graday).

La figure 13 montre un schéma explicatif des étapes de culture des coliformes fécaux.

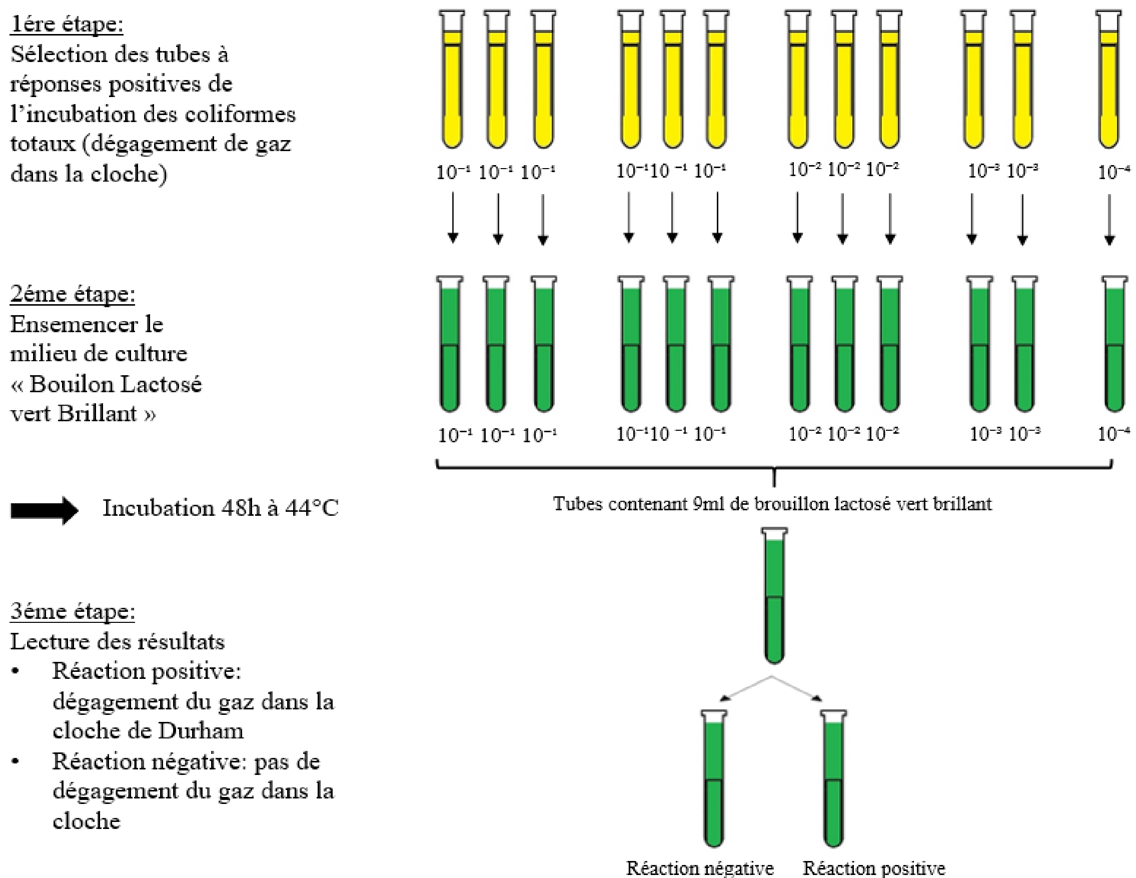


Figure 13 : Schéma explicatif des étapes de culture des coliformes fécaux

8.4 Escherichia coli

8.4.1 Préparation du milieu de culture

- Faire dissoudre 73g du milieu peptonnée dans 1 L d'eau distillé ;
- prendre les tubes d'incubation et mettre dans chaque tube une cloche de Durham ;
- repartir la solution préparée dans ces tubes en injectant 9mL dans chaqu'un de ces derniers ;
- stériliser les tubes par autoclavage à 120°C.

8.4.2 Procédure de l'analyse

- Ouvrir le bec benzène et travailler auprès de la flamme (éviter la contamination de l'échantillon) ;
- prendre les tubes positifs de la réaction précédente (des coliformes fécaux) ;
- à l'aide d'une anse de prélèvement, ensemencer chaque tube du milieu peptonnée par son tube du milieu bouillant lactosé vert brillant à réaction positif respectif ;
- noter la dilution de de chaque tube ;
- incuber à 44°C pendant 48h ;
- faire sortir les tubes de l'étuve ;
- ajouter 2 à 3 gouttes de réactif de Kovax dans chaque tube ;
- la présence d'un anneau rouge exprime la présence des E. Coli dans l'échantillon.

8.4.3 Lecture des résultats

- Noter dans un tableau le nombre de tubes positifs de chaque dilution ;
- extraire la concentration en coliforme totaux par lecture au biais la table J.C de Man (tirée de la table Mac Graday).

La figure 14 montre un schéma explicatif des étapes de culture des Escherichia coli.

1ére étape:
Sélection des tubes à réponses positives de l'incubation des coliformes fécaux (dégagement des gazes dans la cloche)

2éme étape;
Incubation dans la solution peptonnée

Incubation 48h à 44°C

3éme étape:
Lecture des tubes positives avec le réactif de kovax, en présence des Escherichia coli s'exprime par formation d'un anneau rouge

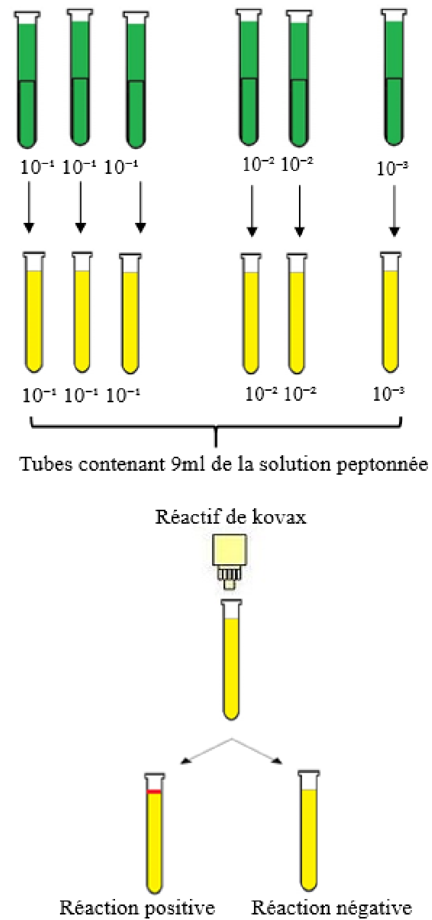


Figure 14 : Schéma explicatif des étapes de culture des Escherichia coli

Résultats et discussion

9 Résultats d'essais avec les eaux usées domestiques entrée de la STEP après prétraitements

9.1 Etude de pouvoir coagulation floculation

a) Optimisation du pH :

Notre échantillon est effectué le 26/03/2018 où la température est 20° C, le pH est de 7.12, de turbidité initiale 92 NTU. Nous avons préparé deux solutions ; la première est traitée par les grignons d'olives et la deuxième est traitée par les noyaux des dattes.

L'ajustement du pH des solutions est effectué grâce à des solutions de HCl et de NaOH à 0,1N pour une gamme de pH entre 3 et 12. Le tableau 5 (voir annexe) et la figure 15 présentent les résultats ainsi obtenus.

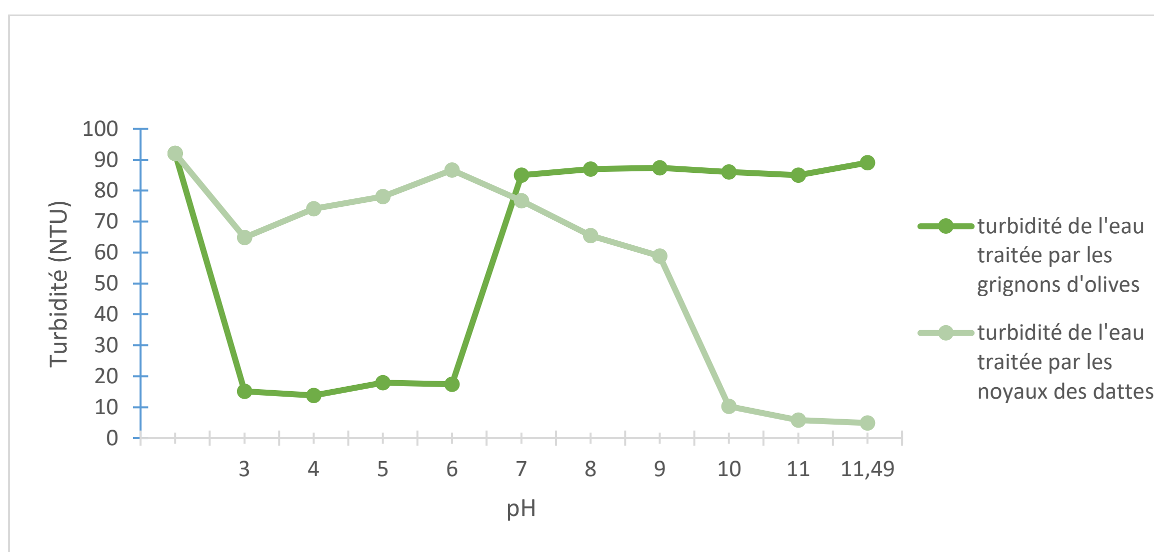


Figure 15 : Variation de la turbidité en fonction du pH

L'élimination des particules colloïdales par la procédure coagulation-floculation dépend grandement du pH c'est pourquoi l'influence de ce paramètre a été examinée en détail.

Les résultats obtenus pour les différentes valeurs de pH sont comme suit :

- A pH acide : pour l'allure des grignons d'olives, on remarque que le processus de coagulation-floculation est efficace elle permet d'obtenir un taux de rabattement de 85% de la turbidité. ceci est expliqué par la solubilité des grignons d'olives est minimale permettant une meilleure précipitation.

Par contre pour des noyaux des dattes sa solubilité est maximale ce qui permet une coagulation-floculation négligeable de l'ordre de 19%.

- A pH neutre : le taux de coagulation-floculation est faible.

- A pH basique : on remarque que la coagulation-floculation est efficace pour la solution des noyaux des dattes qui a permis d'obtenir de 95% du taux d'élimination de la turbidité. La solubilité des noyaux des dattes à pH basique est minimale tandis que la solubilité des grignons d'olives est maximale.

D'après ces résultats, le pH 4 de la solution qui contient le coagulant grignons d'olives et le pH 11,43 de la solution qui contient les noyaux des dattes sont considérés comme deux pH optimums donnant les meilleurs résultats de coagulation-floculation.

b) Optimisation de la dose :

Nous avons varié la masse du coagulant ajouté de 0,05g à 0,25 g/200mL, avec un ajustement des autres paramètres (pH=4 pour les grignons d'olives et pH=11,49 pour les noyaux des dattes, une vitesse d'agitation de 100tr/min et à une température ambiante). Le tableau 6 (voir annexe) et la figure 16 présentent les résultats ainsi obtenus.

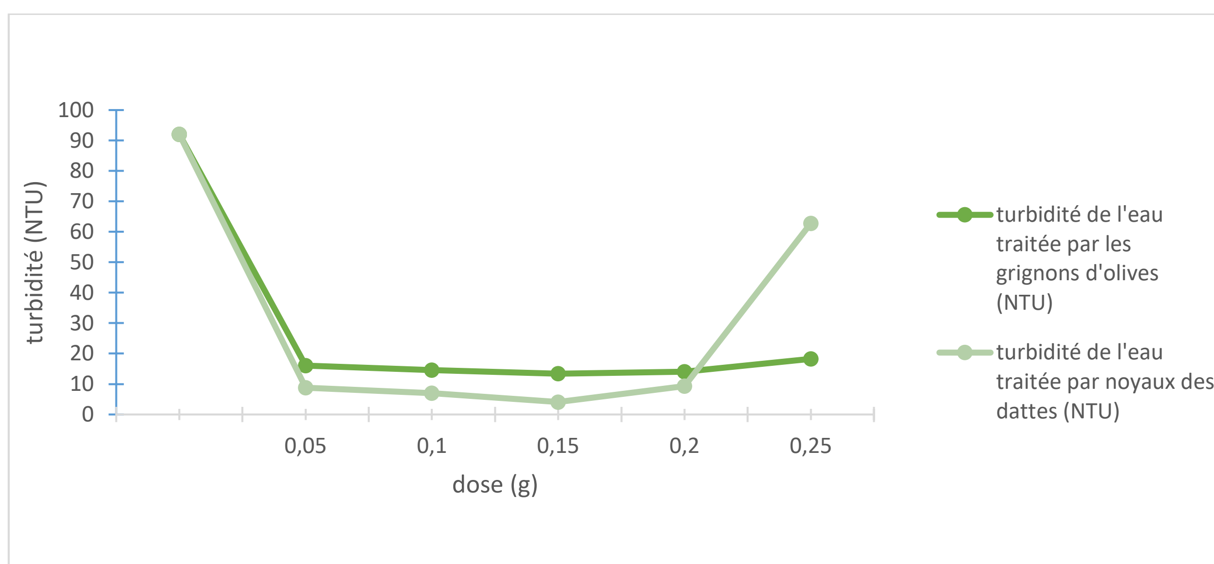


Figure 16 : Variation de la turbidité en fonction de la dose des grignons d'olives et les noyaux des dattes

L'allure des deux courbes nous montre bien que la dose 0,15 g représente la dose optimale avec une régression de 85% de taux de turbidité pour les grignons d'olives (à pH 4) et 95% de taux de turbidité pour les noyaux des dattes (à pH 11,49).

Au de la de 0,15g on a remarqué l'augmentation de valeur de la turbidité et qui croit avec l'accroissement de la dose du coagulant.

On comprend de cela que la coagulation-floculation dépende fortement de la concentration de coagulant et sa surdose provoque la restabilisation des particules colloïdales.

c) Optimisation de vitesse d'agitation

Nous avons varié la vitesse d'agitation du 20 à 300tr/min, avec la fixation des autres paramètres (pH=4 pour les grignons d'olives et pH=11,49 pour les noyaux des dattes, 0.15g des grignons d'olives et des noyaux des dattes et à une température ambiante). Le tableau 7 (voir annexe) et la figure 17 présentent les résultats ainsi obtenus.

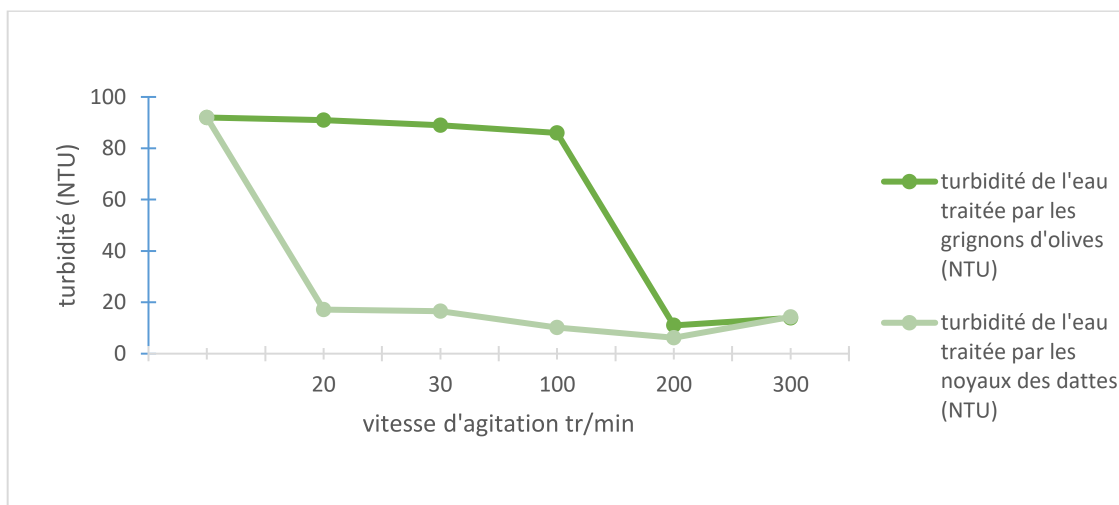


Figure 17 : Variation de la turbidité en fonction de vitesse d'agitation

Les résultats nous montre que la capacité d'élimination la plus élevée de la turbidité a eu lieu pour une valeur de vitesse optimale égale à 200 tr/min pour les deux solutions. Ceci peut être expliqué par le fait qu'à ce valeur probablement une bonne diffusion des particules colloïdales contrairement aux cas des faibles vitesses où la diffusion est insuffisante ce qui entraîne une coagulation-floculation faible.

d) Optimisation de la température

Nous avons essayé de déterminer l'influence de température sur la coagulation-floculation. Nous avons fixés les autres paramètres (pH=4 pour les grignons d'olives et pH=11,49 pour les noyaux des dattes, 0.15g des grignons d'olives et des noyaux des dattes, une vitesse d'agitation de 200tr/min). Le tableau 8 (voir annexe) et la figure 18 regroupent les résultats obtenus pour les mesures de turbidité pour des échantillons à différentes températures (19,5°C, 25°C, 50°C, 75°C et 100°C).

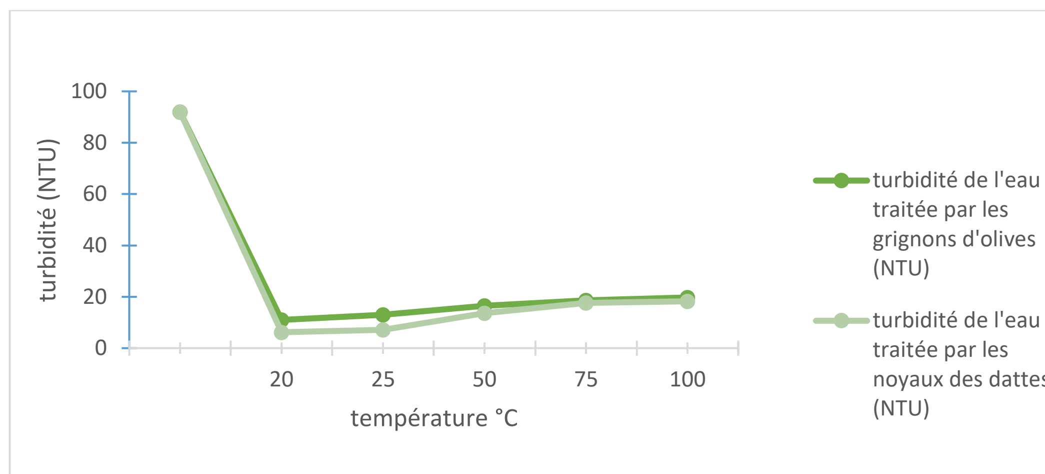


Figure 18 : Variation de la turbidité en fonction de la température

Les deux allures indiquent l'évolution de l'élimination de la turbidité pour des températures variant de 20°C et 100°C.

Les résultats indiquent que la coagulation s'est améliorée par baisse de la température de 20°C jusqu'à 25°C elle est de l'ordre de 93%, cela signifie que la température a favorisé l'énergie cinétique. En revanche une augmentation de la température est expliquée par la baisse de rendement des effets chimiques.

On conclue donc que le processus de coagulation-floculation est très dépendant de la température et qu'il exige une valeur adéquate de ce paramètre pour un bon rendement et une bonne efficacité.

e) Les valeurs optimums des grignons d'olives et des noyaux des dattes :

Le tableau 9 (voir annexe) et la figure 19 montre une comparaison des conditions optimums entre les grignons d'olives et les noyaux des dattes.

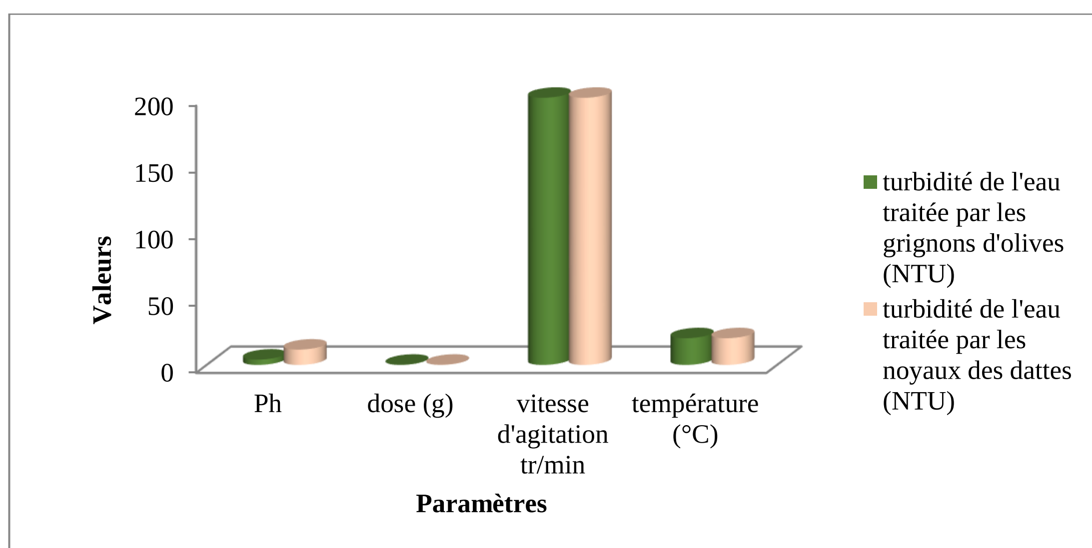


Figure 19 : Variation des conditions optimums entre les grignons d'olives et les noyaux des dattes

Plusieurs essais de coagulation-floculation par les grignons d'olives et les noyaux des dattes ont été réalisés sur l'échantillon de l'eau usée issue de la sortie du décanteur secondaire en variant à chaque un paramètre afin de déterminer les conditions optimums de la coagulation-floculation.

On constate que le traitement par les grignons d'olives et les noyaux des dattes se diffèrent par le paramètre de pH mais ils s'accordent par les autres paramètres tels que la dose, la vitesse d'agitation et la température.

9.2 Effet des grignons d'olives et des noyaux des dattes sur les paramètres physico-chimiques et bactériologiques :

Après l'optimisation des paramètres influents sur le procédé coagulation-floculation, on va étudier l'effet des grignons d'olives et les noyaux des dattes sur les paramètres physicochimiques et bactériologiques des eaux de sortie de la STEP Chotrana 2 destinés à l'irrigation. Pour cela on va garder le pH et la température de l'eau de sortie en optimisant les autres paramètres (dose = 0.15g/200mL des grignons d'olives et des noyaux des dattes, vitesse d'agitation = 200tr/min).

9.2.1 Effet des grignons d'olives et des noyaux des dattes sur les paramètres physico-chimiques

Le tableau 10 (voir annexe) et la figure 20 présentent les caractéristiques physico-chimiques de l'eau de sortie de la STEP Chotrana 2 avant et après traitement.

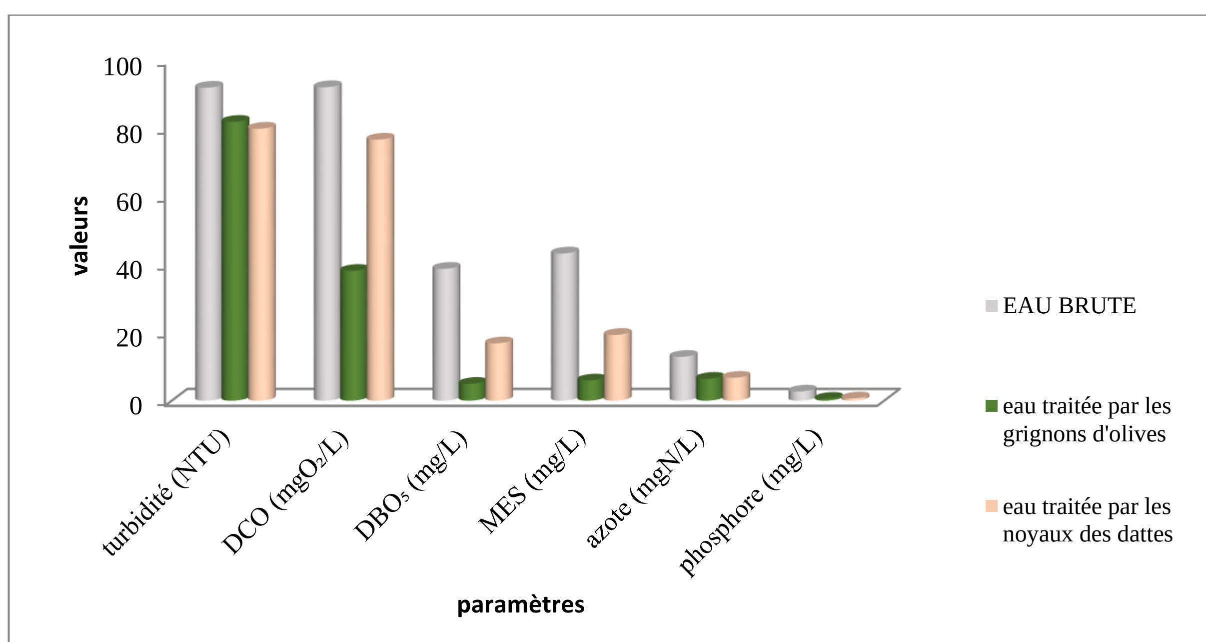


Figure 20 : Variation des paramètres physico-chimiques de l'eau de sortie de la STEP chotrana II avant et après traitement

En travaillant à pH neutre, nous avons obtenus un bon résultat :

- Le traitement par les grignons d'olives nous a permis d'avoir un faible abattement de la turbidité égale à 11% mais un excellent résultat concernant l'abattement de 58% de la DCO, 87% de la DBO_5, 86% de la de la MES, 50% de l'azote et de 79% de phosphore.
- Le traitement par les noyaux des dattes nous a permis d'avoir un faible abattement de la turbidité égale à 13% mais un bon résultat d'abattement de 16% de la DCO, 56% de la DBO_5, de 55% de la MES, de 47% de l'azote et de 75% de phosphore.

Ces valeurs sont conformes par rapport les valeurs fixés par la norme NT106.02 destiné à la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture (DCO < 90mg O_2/L, MES <30mg/L).

9.2.2 Effet des grignons d'olives et des noyaux des dattes sur les paramètres bactériologiques

Nous avons essayé de déterminer l'effet des grignons d'olives et les noyaux des dattes sur les microorganismes et on a choisi les germes totaux, les germes thermotolérants et l'Escherichia coli pour estimer la charge microbienne.

On a préparé 3 échantillons ; le premier contient eau brute, le deuxième contient eau traitée avec les grignons d'olives de masse égal à 0,15g/L, le troisième contient eau traitée avec les noyaux des dattes de masse égal à 0,15g/200mL. On garde la valeur du pH considéré.

Le tableau 11 (voir annexe) et la figure 21 présentent des analyses microbiologiques ainsi obtenus.

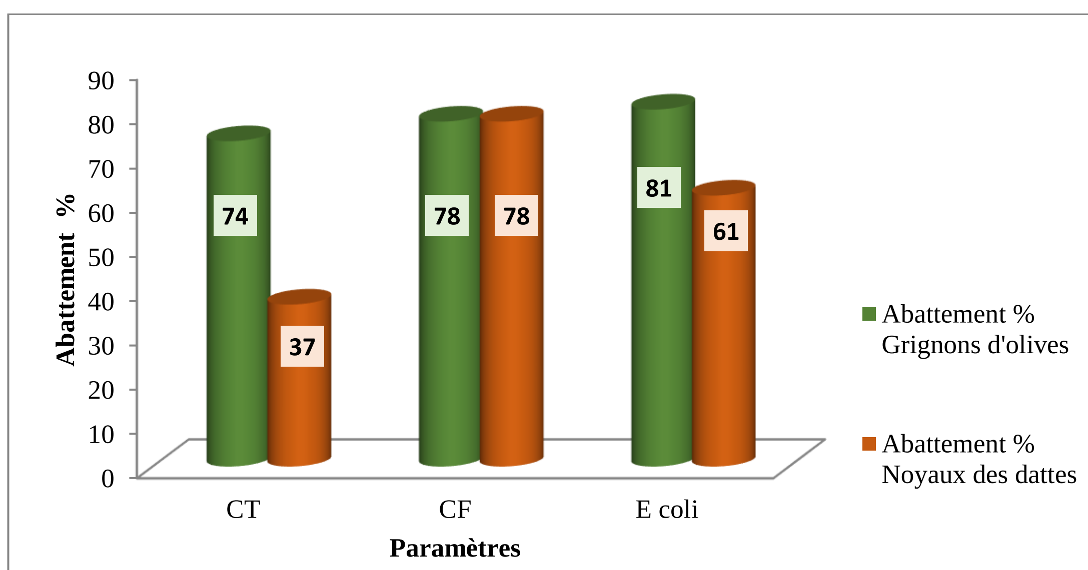


Figure 21 : Résultats des analyses bactériologiques des échantillons de la STEP Chotrana 2

L'histogramme des analyses bactériologiques révèle une variabilité de la teneur en coliformes totaux, fécaux et l'Escherichia coli dans les eaux de sortie de STEP de Chotrana 2 et la performance de rabattement de ces bactéries de chaque traitement.

- Le traitement par les grignons d'olives a provoqué un taux de rabattement de 74% des coliformes totaux, de 78% des coliformes fécaux et de 81% des Escherichia coli. mais ces valeurs ont dépassé la valeur fixée par la norme NT106.02 destiné à la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture (1000 NPP/100ml).
- Le traitement par les noyaux des dattes a provoqué un taux de rabattement de 37 % des coliformes totaux, de 78% des coliformes fécaux et de 61% des Escherichia coli. ces valeurs ont dépassé la valeur fixée par la norme NT106.02 destiné à la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture (1000 NPP/100ml).

9.2.3 Etude de la faisabilité technico-économique en utilisant le biocogulant-floculant les grignons d'olives

En se basant sur les expériences réalisées précédemment, nous pouvons retenir les grignons d'olives en tant qu'un excellent coagulant-floculant qui pourrait remplacer le coagulant-floculant : le polyacrylamide.

9.3 Extrapolation du procédé de coagulation-floculation à l'échelle industrielle

Les grignons d'olives ont été préparés à l'échelle laboratoire a raison de 750g/m³. Le calcul de la quantité annuelle nécessaire à sa préparation a été employé à l'échelle industrielle est présent dans le tableau 12.

Sachant que le recours à l'ajout de produits coagulants-floculants au niveau de l'eau de la sortie du décanteur secondaire est réalisé pendant seulement les 3 mois de l'été de chaque année dans la STEP Chotrana 2. Les doses de produits coagulants-floculants par rapport à la quantité d'EUT ont été calculées et rapportées dans le tableau 12, le débit journalier est de 40000m3/j.

Tableau 12 : Les doses de coagulant-floculant à l'échelle industrielle

produits	Quantité journalière (tonnes/j)	Quantité au bout des 3 mois (tonnes/3 mois)
Grignons d'olives	30	2700
polyacrylamide	45,68	4111

9.4 Estimation des couts

Le tableau 13 ci-dessous représente une estimation des coûts estimés des grignons d'olives. Nous avons tenu compte des pertes des grignons d'olives durant la préparation et qui ont été estimés à 10%.

Tableau 13 : Estimation des coûts des grignons d'olives à l'échelle industrielle

	Coûts journaliers	Coûts/3 mois	Coûts totales
fourniture	3000 DT	270.000DT	310.500 DT
transport	-	22500 DT	
Main d'œuvre	200 DT	18000 DT	

Suite à ces coûts annuels de l'obtention des grignons d'olives à l'échelle industrielle, nous avons calculé une estimation du coût total des produits.

Tableau 14 : Estimation des coûts annuels des produits

Produits coagulants-floculants	Prix unitaires	Coûts/3 mois
Grignons d'olives	**-**	270.000 DT
polyacrylamide	15 DT/kg	61.665.000 DT

Nous constatons que le cout des grignons d'olives utilisé au cours du projet est largement inferieur par rapport à ceux estimés du polyacrylamide, soit un gain de 99% en termes de coût.

Conclusion générale

En raison des effets dangereux que présente l'utilisation des produits chimiques comme le polyacrylamide dans le procédé de coagulation-floculation tant sur la santé humaine que sur l'environnement, de plusieurs recherches se sont tournées vers d'autres alternatives écologiques respectueuses de l'environnement et peu couteuses en employant des polymères biologiques dans le processus de coagulation floculation qui permettent de générer des eaux moins polluantes en produits chimiques et une boue réutilisable et de bonne qualité.

Dans ce cadre, nous avons utilisé des extraits naturels à base des grignons d'olives et des noyaux des dattes comme étant des coagulants-floculants. Ces produits écologiques nous ont permis de savoir d'une part ses pouvoir coagulants-floculants tout en déterminant les conditions optimums (pH, dose, vitesse d'agitation, température), et d'autre part d'obtenir des résultats encourageante en terme de réduction des certains des paramètres de pollution tel que la DCO, de la DBO_5, de la MES, ainsi que la concentration d'azote de phosphore et des bactéries tout en optimisant les doses. En effet, dans les conditions optimales le noyau de datte donne un bon résultat concernant l'abattement de 95% de la turbidité, de même le grignon d'olive qui atteint un taux d'abattement de de 85% de la turbidité.

Dans les conditions des doses optimales, et sans avoir à changer le pH des eaux, le grignon d'olive a présenté des résultats spectaculaires en raison de sa richesse en polysaccaride qui lui confère le pouvoir coagulant-floculant, il a réussi à réduire 58% de taux d'abattement de la DCO, 87% de la DBO_5, 86% de la de la MES, 50% de l'azote et de 79% de phosphore, ainsi 74% en terme d'abattement des coliformes totaux, de 78% des coliformes fécaux et de 81% des Escherichia coli. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus avec le noyau de datte qui fait preuve de sa bonne capacité coagulante-floculante et a permis d'atteindre 16% de taux d'abattement de la DCO, 56% de la DBO_5, de 55% de la MES, de 47% de l'azote et de 75% de phosphore 37 % des coliformes totaux, de 78% des coliformes fécaux et de 61% et des Escherichia coli.

Enfin, comme perspectives à ce projet, d'autres recherches peuvent être réalisés en tenant compte d'analyser d'autres paramètres physico-chimiques tels que les métaux lourdsc, et d'autres paramètres bactériologiques tels que les streptocoques, les salmonelles. De même ces produits alternatifs restent à tester à l'échelle industrielle afin d'évaluer leur pouvoir épuratoire dans le cadre de l'amélioration de l'eau de sortie.

Référence bibliographiques

[1] Metahri Mohammed Saïd « élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées par des procédés mixtes ». Cas de la STEP est de la ville de TiziOuzou, Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou, (2012), p5-p27.

[2] l'Office National de l'Assainissement « Etude de l'impact environnemental et social du projet d'exécution du système d'évacuation des eaux épurés de la station d'épuration Chotrana vers la mer », Décembre 2014, p14-p15.

[3] Aba Aaki Rabeh « Elimination des métaix lourds (Cd, Pbn Cr, Zn et As) des eaux usées industrielles et naturelles par le procédé d'infiltration-percolation », 2012, p14-p15.

[4] Jan Luc Champeix, « l'épuration des eaux : la décantation »

[5] MUJAWAMARIYA « Optimisation de la décantation primaire par ajout de produits chimiques – Jar-Tests », 2012, p14-p17.

[6] MOISE DESIRE DIHANG « mécanismes de coagulation et de floculation de suspensions d'argiles diluées rencontrées en traitement des eaux », mai 2007, p13-p16.

[7] Yves Mottot « Coagulants et floculants » p7-p9.

[8] BABAKHOUYA Naouel, « récupération des métaux lourds par l'utilisation des adsorbants naturels », 2010, p29-p31.

[9] Ajmia CHOUCHENE, « Etude expérimentale et théorique de procédés de valorisation de sous-produits oléicoles par voies thermique et physico-chimique », 2010, p10-p11.

[10] Lakhdari Bouazza, « Effet de la coagulation- floculation sur la qualité des eaux épurées de la STEP de Ain El Houtz », 2011, p16-p20.

Annexe

Tableau 4 : Plage de mesure de DBO_5 selon la méthode manométrique

Volume de l'échantillon prélevé pour la DBO_5	DCO plage de mesure	Facteur
432	0 → 40	1
365	40 → 80	2
250	80 → 200	5
164	200 → 400	10
97	400 → 800	20
43,3	800 → 2000	50
22,7	2000 → 4000	100

Tableau 5 : Variation de la turbidité de l'eau usée traitée en fonction du pH

Ph	turbidité de l'eau traitée par les grignons d'olives	turbidité de l'eau traitée par les noyaux des dattes
	92	92
3	15,1	64,8
4	**13,8**	74,1
5	17,9	78,1
6	17,4	86,7
7	85	76,7
8	87	65,5
9	87,4	58,9
10	86	10,3
11	85	5,8
11,49	89	**4,9**

Tableau 6 : Variation de la turbidité de l'eau usée traitée en fonction de la dose des grignons d'olives et les noyaux des dattes

dose (g)	turbidité de l'eau traitée par les grignons d'olives (NTU)	turbidité de l'eau traitée par noyaux des dattes (NTU)
	92	92
0,05	16,1	8,8
0,1	14,6	7
0,15	**13,4**	**4,1**
0,2	14,1	9,3
0,25	18,3	62,8

Tableau 7 : Variation de la turbidité de l'eau usée traitée en fonction de la vitesse d'agitation

vitesse d'agitation (tr/min)	turbidité de l'eau traitée par les grignons d'olives (NTU)	turbidité de l'eau traitée par les noyaux des dattes (NTU)
	92	92
20	91	17,2
30	89	16,5
100	86	10,2
200	**11**	**6,2**
300	13,9	14,3

Tableau 8 : Variation de la turbidité de l'eau usée traitée en fonction de la température

température (°C)	turbidité de l'eau traitée par les grignons d'olives (NTU)	turbidité de l'eau traitée par les noyaux des dattes (NTU)
	92	92
20	**11**	**6,2**
25	13	7,2
50	16,5	13,6
75	18,6	17,6
100	19,7	18,3

Tableau 9 : les conditions optimums pour le traitement des grignons d'olives et le traitement des noyaux des dattes.

	turbidité de l'eau traitée par les grignons d'olives (NTU)	turbidité de l'eau traitée par les noyaux des dattes (NTU)
pH	4	11,49
dose (g)	0,15	0,15
vitesse d'agitation tr/min	200	200
température (°C)	20	20

Tableau 10 : Effet des grignons d'olives et des noyaux des dattes sur les caractéristiques de l'eau de sortie

	turbidité (NTU)	DCO (mgO_2/L)	DBO_5 (mg/L)	MES (mg/L)	azote (mgN/L)	phosphore (mg/L)
eau brute	92	92,16	39	43,5	13	2,73
eau traitée par les grignons d'olives	82	38,4	5	6	6,5	0,56
eau traitée par les noyaux des dattes	80	76,8	17	19,5	6,8	0,67

Tableau 11 : Résultats des analyses bactériologiques des échantillons de la STEP chotrana

les bactéries	les échantillons de STEP chotrana 2				
	sortie	sortie traitée par les grignons d'olives	sortie traitée par les noyaux des dattes	Abattement % Grignons d'olives	Abattement % Noyaux des dattes
CT	6,8	1,8	4,3	74	37
CF	2,9	0,64	0,64	78	78
E coli	0,93	0,18	0,36	81	61